

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 656.21/.22

А. А. ЕРОФЕЕВ, доктор технических наук, А. А. НАУМЕНКО, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОТКЛОНЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Описана существующая технология работы сортировочной станции. Определены основные виды отклонений от плана работы станции, возникающие при производстве маневровой работы, а также основные виды корректировок, применяемых при возникновении данных отклонений. Предложена форма совмещенного планового и исполненного графиков работы станции. Описаны основные действия, определяющие начало и окончание технологических операций, выполняемых на сортировочной станции. Определены автоматизированные системы, с помощью которых возможно определить начало и окончание основных технологических операций без участия человека. Сформированы требования к модулю автоматического определения отклонений в технологическом процессе от плановых параметров.

Управление работой железнодорожной станции основывается на разработке и реализации долгосрочных, среднесрочных и оперативных планов. Оперативное планирование работы станции производится на сутки, смену, а также по 4-часовым периодам в течение смены [1]. От качественного планирования работы железнодорожной станции зависит эффективность ее работы. Ключевой целью сменно-суточного планирования работы станции является организация эффективной переработки поездо-, вагоно-, грузопотоков с учетом наличия станционных и маневровых ресурсов [2].

Графическим отображением технологического процесса обработки поездов и вагонов является суточный план-график работы грузовой станции. С помощью суточного плана-графика работы железнодорожной станции возможно согласовать работу всех элементов станции, изучить их взаимодействие между собой, определить межоперационные интервалы и узнать причины их увеличения, установить необходимость увеличения или уменьшения маневровых средств. Суточный план-график дает возможность проверить достаточность пропускной и перерабатывающей способности станции, а также определить временные параметры технологического процесса [3].

Суточное планирование производится в центре управления перевозок с участием центра управления местной работы отделения дороги и передается на станцию. Начальником станции или его заместителем составляется план грузовой работы станции на текущие сутки, а также сменные задания, в которых содержатся эксплуатационные показатели суточного плана, рассчитанные для каждой смены [4].

Выполнение показателей сменного задания контролирует начальник смены, который осуществляет текущее планирование работы станции. Текущее планирование осуществляется на основе поступающей информации о подходе поездов, вагонов, локомотивов, а также их фактическом наличии на станции к началу планируемого периода. С помощью текущего планирования обеспечивается выполнение показателей су-

точных планов и сменных заданий с учетом конкретной обстановки и условий работы станции в планируемом периоде.

Оперативное руководство, а также планирование и управление маневровой работой на железнодорожной станции осуществляет маневровый диспетчер [5].

При планировании маневровой работы на железнодорожной станции маневровый диспетчер руководствуется полученной информацией от поездного диспетчера о подходе грузовых поездов на станцию, наличии поездных локомотивов для отправляемых поездов, а также информацией, поступающей из отделения дороги о местном вагонопотоке и наличии вывозных локомотивов для вывоза местного груза на прилегающие станции.

В течение смены на железнодорожной станции возникают различные отклонения от суточного планирования [6]. Например, в работе сортировочной горки возможны следующие отклонения:

- фактическое время надвига состава больше (меньше), чем планируемое;
- фактическое время роспуска больше (меньше), чем планируемое.

Графическое отображение данных видов отклонений в работе железнодорожной станции приведено на рисунке 1.

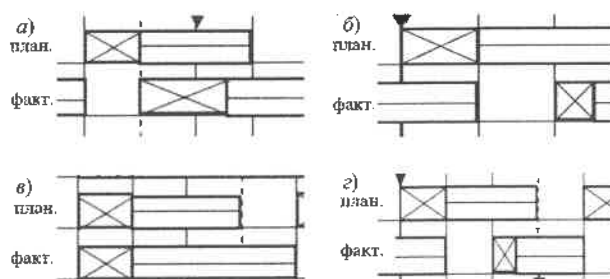


Рисунок 1 – Возможные виды отклонений в работе сортировочной станции:

- а – фактическое время надвига больше, чем планируемое;
- б – фактическое время надвига меньше, чем планируемое;
- в – фактическое время роспуска больше, чем планируемое;
- г – фактическое время роспуска меньше, чем планируемое

Кроме того, параметры расформируемых составов могут отличаться от расчетных, заложенных в исходном плане:

- надвигаемый состав имеет массу больше разрешенной для надвига одним локомотивом ($Q_c > Q_p$);
- наличие в надвигаемом составе вагонов, которые нельзя распускать с сортировочной горки ($t_{зсг}$);
- наличие в распускаемом составе «плохих бегунов» ($t_{пл.б}$);
- занятость сортировочного пути, размеченного для данного направления.

Основной причиной отсутствия свободных путей для роспуска может быть неэффективное торможение вагонов операторами сортировочной горки, а также обнаружение во время роспуска вагона с плохим бегуном, в результате чего возникает необходимость в просадке пути и дальнейшая невозможность роспуска состава. Также в сортировочном парке могут отсутствовать свободные пути ввиду того, что путь занят готовым к отправлению составом (при сортировочно-отправочном парке).

Анализ идентификаторов отклонений возможен и для других подсистем станции. В дальнейшем планируется более детальное изучение отклонений для каждой подсистемы станции. Рассмотрим различные виды ситуаций, возникающих в других подсистемах железнодорожной станции:

1 Парк прибытия (приемо-отправочный парк):

- количество вагонов в прибывающем составе больше длины пути приема $L_c > L_{п}$;
- нет пути приема.

Отсутствие пути приема на железнодорожной станции может возникнуть из-за занятости пути приема другим подвижным составом, подлежащим расформированию в ближайшее время, а также поездом, готовым к отправлению (приемо-отправочный парк):

Рассматриваются также причины простоя подвижного состава, подлежащего расформированию сверх нормы времени обработки состава. К таким причинам можно отнести:

- недостаточное количество работников, занимающихся обработкой состава по прибытии;
- в составе находятся вагоны, требующие более детального осмотра (верховой осмотр, большое количество пломб), в результате чего увеличивается время обработки состава;
- осматривается состав, требующий первоочередного осмотра, при прибытии одновременно нескольких поездов.

2 Парк отправления: готовность нескольких составов на отправление одновременно.

В зависимости от идентификации отклонений необходимо применять различные виды корректировок. Рассмотрим следующие виды корректировок, применяемых на железнодорожных станциях:

1) парк прибытия (приемо-отправочный парк):

- изменить путь приема;
- вытянуть состав на сортировочную горку для дальнейшего роспуска, а на его место принять прибывающий поезд;

– оградить состав с помощью маневрового локомотива;

– увеличить количество работников, занимающихся обработкой состава по прибытии;

– отправить бригады осматривщиков на более приоритетный состав для осмотра;

– остановить роспуск на сортировочной горке для закрепления состава;

– закрепить состав во время осаживания вагонов маневровым локомотивом;

– переставить транзитный поезд в сортировочно-отправочный парк для освобождения пути приема;

2) сортировочный парк (сортировочно-отправочный парк):

– производить роспуск с помощью двух локомотивов;

– вытянуть часть состава на сортировочную горку;

– снять вагоны, которые нельзя распускать с горки с помощью второго маневрового локомотива;

– осадить вторым маневровым локомотивом вагоны на пути, на котором нет места для распускаемых вагонов;

– осадить вагоны, которые нельзя распускать с горки, вагоны с плохим бегуном;

– распутить вагоны на другой путь, на котором в процессе роспуска нет вагонов;

– переставить готовый поезд в парк отправления для освобождения пути роспуска;

3) парк отправления:

– увеличить количество работников, занимающихся обработкой состава по отправлению;

– отправить бригады осматривщиков на более приоритетный состав для осмотра.

В результате возникновения возможных отклонений в технологии от плановых значений, а также применения различных видов корректировок в оперативное планирование и управление маневровой работой на железнодорожной станции, исполненный план-график работы сортировочной станции может существенно отличаться от планового графика работы станции. Предлагается следующая форма ведения совмещенного планового и исполненного графиков работы сортировочной станции (рисунок 2).

В настоящее время возникновение данных отклонений в работе сортировочной станции определяет маневровый диспетчер, который оперативно принимает решение о применении различных видов корректировок в оперативном планировании и управлении маневровой работой железнодорожной станции.

В условиях автоматизации маневровой работы возможно распознавание возникающих отклонений и принятие решений, а также внесение корректировок в оперативное планирование и управление работой на железнодорожной станции. Для этого необходимо разработать модуль, который будет иметь возможность самообучаться [6]. В результате чего данный модуль будет сам выбирать оптимальные виды вносимых корректировок в оперативное планирование и управление работой в зависимости от возникающих отклонений, что будет исключать влияние человеческого фактора в неверно принятом решении маневровым диспетчером из-за высокого уровня загрузки и отсутствия достаточного времени на принятие решения.

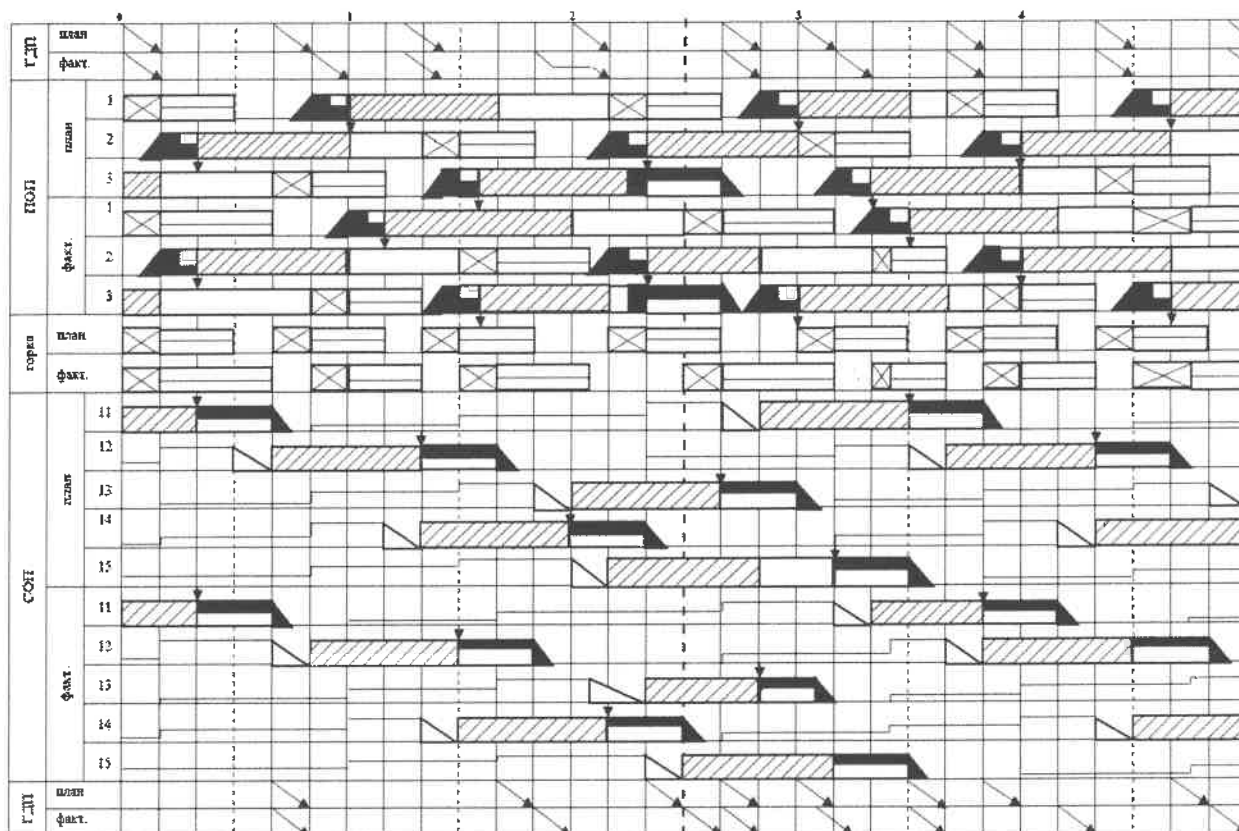


Рисунок 2 – Совмещенный плановый и исполненный график работы станции

Для функционирования данного модуля необходимо, чтобы он мог автоматизированно определять начало и окончание каждой технологической операции, выполняемой на железнодорожной станции. На сортировочной станции осуществляется множество различных технологических операций, связанных с обработкой и формированием поездов.

В настоящее время определение начала и окончания технологических операций в основном выполняется дежурным оперативным работником с помощью визуального контроля, передачи информации друг другу по коммутатору, а также отдачи команд и получения доклада от причастных работников. Операции, определяющие начало и окончание основных технологических операций, выполняемых на сортировочной станции, представлены в таблице 1.

В качестве примера был рассмотрен состав, длина которого не превышает полезной длины пути, вес которого не превышает максимально допустимого для надвига на сортировочную горку. На станции применена система микропроцессорной централизации (далее – МПЦ). На сортировочной горке работает один маневровый локомотив. В составе отсутствуют вагоны, которые нельзя спускать с сортировочной горки или пропускать через сортировочную горку. Коммерческий и технический осмотр состава на станции по прибытии и перед отправлением производится параллельно. Сортировочная горка механизированная. Закрепление состава производится дежурным работником с использованием тормозных башмаков. На станции предусмотрены приемо-отправочный и сортировочно-отправочный парки.

Таблица 1 – Фактическое определение начала и окончания технологической операции

Операция	Начало	Окончание
Прибытие	Доклад дежурного по станции (ДСП) об отправлении (проследовании) поезда с соседней станции	Визуальный контроль освобождения блок-участка перед путем приема на экране МПЦ (команда машинисту поезда на остановку)
Закрепление	Команда ДСП на закрепление состава	Доклад регулировщика о закреплении состава
Выезд локомотива	Команда машинисту поездного локомотива ДСП на отцепку локомотива от состава и выезд с пути приема (отцепку локомотива от состава)	Визуальный контроль занятия первого блок-участка после пути приема на экране МПЦ (доклад машиниста поездного локомотива об отцепке от состава)
Осмотр состава	Ограждение ДСП пути с прибывшим составом на пульте МПЦ	Снятие ограждения пути с прибывшим и осмотренным составом и доклад об этом ДСП по любой из возможных средств связи
Заезд локомотива	Команда ДСП на заезд маневрового локомотива под состав	Визуальный контроль об освобождении блок-участка около пути, на котором стоит состав на экране МПЦ
Уборка закрепления	Команда ДСП регулировщику скорости на снятие закрепления	Доклад регулировщика ДСП о снятии закрепления

Окончание таблицы 1

Операция	Начало	Окончание
Вытягивание	Команда ДСП машинисту маневрового локомотива на вытягивание состава	Визуальный контроль об освобождении блок-участка перед вытяжным путем
Надвиг	Команда ДСПГ машинисту маневрового локомотива на надвиг состава	Прохождение первым вагоном горба горки (визуальный контроль с поста ГАЦ)
Роспуск	Прохождение первым вагоном горба горки (визуальный контроль с поста ГАЦ)	Заезд последнего отцепа на сортировочный путь (визуальный контроль с поста ГАЦ)
Окончание формирования	Команда ДСПГ машинисту маневрового локомотива на заезд на путь для окончания формирования	Ограждение состава ДСПГ и доклад оператору вагонников о готовности поезда
Заезд локомотива	Команда ДСП машинисту поездного локомотива на заезд на путь отправления состава	Доклад ДСПП о снятии закрепления. Визуальный контроль освобождения блок-участка перед путем отправления на экране МПЦ
Обработка состава	Ограждение состава ДСПГ и доклад оператору вагонников о готовности поезда, а также заезд поездного локомотива под состав	Снятие ограждения, доклад о готовности поезда к отправлению
Отправление	Команда ДСП на отправлении поезда	Доклад ДСП соседней станции о прибытии (проезде) поезда

Однако в настоящее время на железнодорожной станции применяется множество автоматизированных систем управления, с помощью которых можно определить начало и окончание технологической операции. Операции, определяющие начало и окончание основных технологических операций, выполняемых на сортировочной станции с помощью автоматизированных

систем, применяемых на железнодорожной станции, представлены в таблице 2.

Также в таблице 2 приведены основные автоматизированные системы, применяемые на железнодорожном транспорте, из которых можно получать информацию о начале и окончании операций, выполняемых на сортировочной станции, для автоматизированного оперативного планирования работы станции.

Таблица 2 – Определение начала и окончания технологических операций с помощью автоматизированных систем

Операция	Расчетная формула	Начало операции	Конец операции
Прибытие состава	$\begin{cases} t_{пр.с.ф} = t_{ок.пр.с.ф} - t_{нач.пр.с.ф} \\ t_{пр.с.пл} = t_{ок.пр.с.пл} - t_{нач.пр.с.пл} \\ t_{пр.с.ф} = t_{пр.с.пл} \\ t_{пр.с.ф} < t_{пр.с.пл} \\ t_{пр.с.ф} > t_{пр.с.пл} \end{cases}$	Автоматизированное рабочее место дежурного по станции (далее – АРМ ДСП) (сообщение об отправлении с соседней станции)	АРМ ДСП (сообщение о прибытии на станцию)
Закрепление состава	$\begin{cases} t_{зак.с.ф} = t_{ок.зак.с.ф} - t_{нач.зак.с.ф} \\ t_{зак.с.пл} = t_{ок.зак.с.пл} - t_{нач.зак.с.пл} \\ t_{зак.с.ф} = t_{зак.с.пл} \\ t_{зак.с.ф} < t_{зак.с.пл} \\ t_{зак.с.ф} > t_{зак.с.пл} \end{cases}$	В данном примере нет автоматизированной системы, с помощью которой можно определить время начала операции	В данном примере нет автоматизированной системы, с помощью которой можно определить время конца операции
Выезд локомотива	$\begin{cases} t_{в.лок.ф} = t_{ок.в.лок.ф} - t_{нач.в.лок.ф} \\ t_{в.лок.пл} = t_{ок.в.лок.пл} - t_{нач.в.лок.пл} \\ t_{в.лок.ф} = t_{в.лок.пл} \\ t_{в.лок.ф} < t_{в.лок.пл} \\ t_{в.лок.ф} > t_{в.лок.пл} \end{cases}$	МПЦ (наличие белого сигнала на маневровом светофоре)	МПЦ (занятие первого блок-участка впереди пути, на который прибывал состав)
Осмотр состава по прибытии	$\begin{cases} t_{осм.пр.ф} = t_{ок.осм.пр.ф} - t_{нач.осм.пр.ф} \\ t_{осм.пр.пл} = t_{ок.осм.пр.пл} - t_{нач.осм.пр.пл} \\ t_{осм.пр.ф} = t_{осм.пр.пл} \\ t_{осм.пр.ф} < t_{осм.пр.пл} \\ t_{осм.пр.ф} > t_{осм.пр.пл} \end{cases}$	Автоматизированное рабочее место пункта технического осмотра (далее – АРМ ПТО), автоматизированное рабочее место пункта коммерческого осмотра (далее – АРМ ПКО) (сообщение об ограждении состава)	АРМ ПТО, ПКО (сообщение о снятии ограждения состава)
Вытягивание состава	$\begin{cases} t_{выт.с.ф} = t_{ок.выт.с.ф} - t_{нач.выт.с.ф} \\ t_{выт.с.пл} = t_{ок.выт.с.пл} - t_{нач.выт.с.пл} \\ t_{выт.с.ф} = t_{выт.с.пл} \\ t_{выт.с.ф} < t_{выт.с.пл} \\ t_{выт.с.ф} > t_{выт.с.пл} \end{cases}$	МПЦ (наличие белого сигнала на маневровом светофоре)	МПЦ (освобождение блок-участка перед вытяжкой)
Надвиг состава	$\begin{cases} t_{над.с.ф} = t_{ок.над.с.ф} - t_{нач.над.с.ф} \\ t_{над.с.пл} = t_{ок.над.с.пл} - t_{нач.над.с.пл} \\ t_{над.с.ф} = t_{над.с.пл} \\ t_{над.с.ф} < t_{над.с.пл} \\ t_{над.с.ф} > t_{над.с.пл} \end{cases}$	Горочная автоматическая централизация (далее – ГАЦ) (наличие разрешающего показания на горочном светофоре)	ГАЦ (занятие блок-участка на горбе горки)

Операция	Расчетная формула	Начало операции	Конец операции
Роспуск состава	$\begin{cases} t_{рос.с.ф} = t_{ок.рос.с.ф} - t_{нач.рос.с.ф} \\ t_{рос.с.пл} = t_{ок.рос.с.пл} - t_{нач.рос.с.пл} \\ t_{рос.с.ф} = t_{рос.с.пл} \\ t_{рос.с.ф} < t_{рос.с.пл} \\ t_{рос.с.ф} > t_{рос.с.пл} \end{cases}$	ГАЦ (занятие первого блок-участка после горба горки)	ГАЦ (освобождение блок-участка перед путем роспуска при следовании последнего отцепя)
Окончание формирования	$\begin{cases} t_{ок.форм.ф} = t_{ок.ок.форм.ф} - t_{нач.ок.форм.ф} \\ t_{ок.форм.пл} = t_{ок.ок.форм.пл} - t_{нач.ок.форм.пл} \\ t_{ок.форм.ф} = t_{ок.форм.пл} \\ t_{ок.форм.ф} < t_{ок.форм.пл} \\ t_{ок.форм.ф} > t_{ок.форм.пл} \end{cases}$	ГАЦ (белый сигнал на маневровом светофоре)	ГАЦ (освобождение последнего блок-участка на путь следования)
Осмотр состава перед отправлением	$\begin{cases} t_{осм.отп.ф} = t_{ок.осм.отп.ф} - t_{нач.осм.отп.ф} \\ t_{осм.отп.пл} = t_{ок.осм.отп.пл} - t_{нач.осм.отп.пл} \\ t_{осм.отп.ф} = t_{осм.отп.пл} \\ t_{осм.отп.ф} < t_{осм.отп.пл} \\ t_{осм.отп.ф} > t_{осм.отп.пл} \end{cases}$	АРМ ПТО, ПКО (сообщение об ограждении состава)	АРМ ПТО, ПКО (сообщение о снятии ограждения состава)
<i>Примечание</i> – $t_{пр.с.ф}$ – фактическое время прибытия состава; $t_{пр.с.пл}$ – плановое время прибытия состава; $t_{зак.с.ф}$ – фактическое время закрепления состава; $t_{зак.с.пл}$ – плановое время закрепления состава; $t_{в.лок.ф}$ – фактическое время выезда локомотива; $t_{в.лок.пл}$ – плановое время выезда локомотива; $t_{осм.пр.ф}$ – фактическое время осмотра состава по прибытии; $t_{осм.пр.пл}$ – плановое время осмотра состава по прибытии; $t_{выт.с.ф}$ – фактическое время вытязывания состава; $t_{выт.с.пл}$ – плановое время вытязывания состава; $t_{над.с.ф}$ – фактическое время надвига состава; $t_{над.с.пл}$ – плановое время надвига состава; $t_{рос.с.ф}$ – фактическое время роспуска состава; $t_{рос.с.пл}$ – плановое время роспуска состава; $t_{ок.форм.ф}$ – фактическое время окончания формирования состава; $t_{ок.форм.пл}$ – плановое время окончания формирования состава; $t_{осм.отп.ф}$ – фактическое время осмотра состава перед отправлением; $t_{осм.отп.пл}$ – плановое время осмотра состава перед отправлением.			

На основании данных приведенных выше таблиц можно сделать вывод, что для создания модуля, который сможет автоматизировано планировать оперативную работу на железнодорожной станции, необходимо максимально оснастить железнодорожную станцию автоматизированными системами, из которых возможно брать информацию о начале и окончании технологических операций. Кроме того, требуется интегрировать между собой уже имеющиеся автоматизированные системы, применяемые на железнодорожных станциях, для полноценного использования находящейся в них информации с целью автоматизированного планирования и управления оперативной работой железнодорожной станции.

Список литературы

- 1 Эксплуатация железных дорог / под ред. проф. В. В. Повороженко, проф. В. М. Акулиничева. – М. : Транспорт, 1974. – 472 с.
- 2 Алгоритм сменно-суточного планирования формирования и пропуска поездов методом оптимального сетевого потока / А. Б. Шабунин, А. К. Такмазян, А. В. Есаков, С. В. Зайцев // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математиче-

ское моделирование (ИСУЖТ-2019) : труды восьмой научно-технической конференции, Москва, 21 нояб. 2019 г. – М. : Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте, 2019. – С. 42–46. – EDN Q1YKGE.

3 Кузнецов, В. Г. Технология работы сортировочной станции : пособие по курсовому проектированию / В. Г. Кузнецов, А. А. Ерофеев, Е. А. Фёдоров ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 126 с.

4 Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте : учеб. для студентов вузов ж.-д. транспорта. В 2 т. Т. 1 / под ред. В. И. Ковалева и А. Т. Осминина – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009. – 263 с.

5 Белых, А. А. Оценка влияния искусственного интеллекта на оперативное управление участковой железнодорожной станции / А. А. Белых, В. В. Широкова // Национальная ассоциация ученых. – 2020. – № 56-1(56). – С. 36–41. – DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.229.

6 Ерофеев, А. А. Интеллектуальная система управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте : монография / А. А. Ерофеев ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 407 с. – ISBN 978-985-554-972-8.

Получено 05.05.2025

A. A. Erofeev, A. A. Naumenko. Identification of anomalies in the intelligent control system of a sorting station.

The article outlines the existing technology employed at a sorting station. It identifies the primary types of deviations that occur during the maneuvering operations, as well as the main types of adjustments implemented in response to these deviations. A scheduled and executed work plan and timeline of the station are presented. The article describes the essential actions that delineate the commencement and conclusion of technological operations performed at the sorting station, as well as the automated systems that facilitate the determination of the start and end of these key technological processes. Furthermore, it is necessary to establish requirements for the development of an intelligent management system that will be capable of identifying potential deviations and making decisions to enhance the operational efficiency of the sorting station.